2. AUGUST 1929 HEFT 31

FUNK BASTLER

FACHBLATT DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V.

Verzerrungsfreie Hochfrequenzverstärker

Von

Dr.-Ing. Kofes.

In dem folgenden Aufsatz wird theoretisch und an Beispielen gezeigt, daß sich einwandfreie Hochfrequenzverstärker bauen lassen, die alle Frequenzen einer Rundfunkübertragung verzerrungsfrei auf den Lautsprecher durchlassen.

Es wird heute sehr viel über verzerrungsfreie Verstärker geschrieben, aber immer beziehen sich derartige Arbeiten nur auf Niederfrequenzverstärker. Man kann allgemein sagen, daß es im Handel recht gute Niederfrequenzverstärker und Ortsempfänger gibt, aber sobald man anfängt, die Hochfrequenzverstärker vom Standpunkt der Qualität zu betrachten, ist die ganze Herrlichkeit vorbei. Schon der Abstimmkreis und die Gleichrichtung im Ortsempfänger bringen starke Verschlechterungen. Und wenn nun gar mehrere abgestimmte Hochfrequenzkreise vorhanden sind, ist von Qualität nicht mehr viel zu entdecken.

Um zu untersuchen, ob diesem Übelstand nicht abzuhelfen ist, seien zunächst einmal die Vorgänge bei der Modulation näher beschrieben.

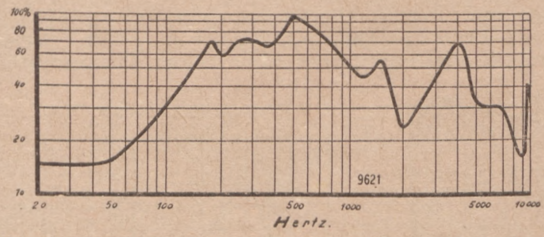


Abb. 1. Schalldruck-Kurve eines dynamischen Lautsprechers.

Wird eine Hochfrequenzwelle ν (Trägerfrequenz) mit einer einzigen Tonfrequenz ν_1 moduliert, entstehen an Stelle der einen Trägerfrequenz drei Hochfrequenzen, nämlich die ursprüngliche Trägerfrequenz ν und zwei neue Hochfrequenzen, die um ν_1 Hertz über und unter der Trägerfrequenz liegen, also: $\nu + \nu_1$ und $\nu - \nu_1$. Wenn mit Sprache oder Musik moduliert wird, so treten an die Stelle der einzelnen Frequenz ν_1 alle in Sprache und Musik enthaltenen Frequenzen, also bis hinauf zu etwa 10 000 Hertz, da bei Sprache und Musik Frequenzen bis zu etwa 10 000 Hertz vorkommen. Es tritt also ober- und unterhalb der Trägerfrequenz ν je ein Spektrum von Frequenzen auf, das je nach Tonhöhe der Modulation bis zu etwa 10 000 Hertz über und unter der Trägerfrequenz liegt. Diese beiden Hochfrequenzspektren nennt man die Seitenbänder. Sie stellen also die Modulation dar.

Um nun mit einem Empfänger dieses Frequenzband zu empfangen, müssen wir es möglichst unverzerrt und unbeschädigt durch alle Kreise hindurchbringen und in Schalldruck umsetzen.

Da bei diesen Untersuchungen der Hochfrequenzteil am meisten interessiert, seien für Lautsprecher und Niederfrequenzverstärker gegebene Werte angenommen. Es werde also ein dynamischer Lautsprecher verwendet, dessen Frequenzkurve Abb. 1 zeigt, während als Niederfrequenzverstärker ein transformatorgekoppelter Verstärker ausreichender Größe gewählt wurde, dessen Frequenzkurve aus Abb. 2 zu ersehen ist.

In beiden Diagrammen ist wie in allen folgenden Kurven der Maximalwert als 100 v. H. aufgetragen, und zwar im

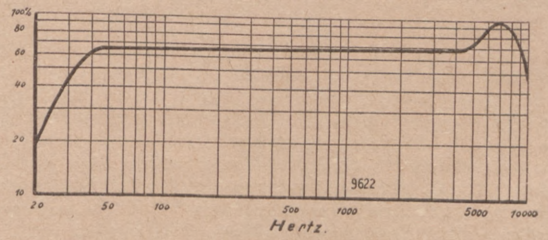


Abb. 2. Verstärkerkurve eines Niederfrequenzverstärkers.

logarithmischen Maßstab, da das Ohr auch logarithmisch hört.

Nun zum Hochfrequenzverstärker. Nehmen wir an, wir hätten einen Empfänger mit drei abgestimmten Kreisen, also z. B. zwei Hochfrequenzstufen. In der üblichen Darstellung ist in Abb. 4 die Resonanzkurve eines derartigen Hochfrequenzverstärkers gegeben, bei dem die Kreise einen

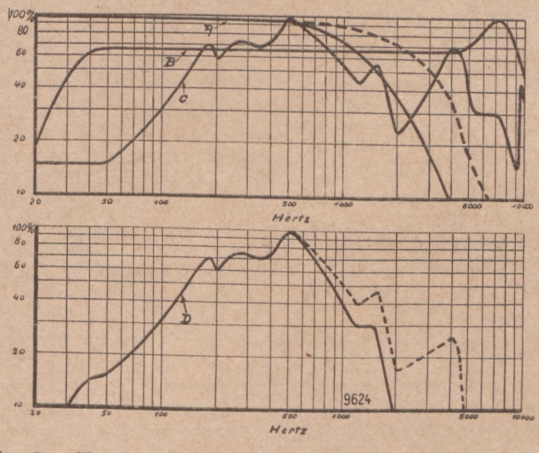


Abb. 3. Kurven eines normalen dreikreisigen Hochfrequenzverstärkers nebst Audion und zwei Stufen Niederfrequenzverstärkung, $3 \times 7\ \Omega$ Dämpfung.

Ausgezogene Kurve A bei Resonanz aller Kreise; gestrichelte A-Kurve bei 3 kHz Verstimmung zweier Kreise. A = Hochfrequenzteil; B = Niederfrequenzteil; C = dynamischer Lautsprecher; D = Gesamtkurve.

Ohmschen Widerstand von je 7 Ohm für Hochfrequenz besaßen. In der Zeichnung liegt bei der Abszisse 0 die Trägerfrequenz, und die Seitenbänder sind von 0 bis 10 000 Hertz daneben aufgetragen. — Geht nun eine Trägerfrequenz mit ihren Seitenbändern durch den Verstärker hindurch, so gibt

uns diese Kurve in ihren Ordinaten ohne weiteres die Amplitude der einzelnen Frequenzen an.

Mit dieser üblichen Darstellung können wir aber nicht viel anfangen, da ein linearer Maßstab benutzt wurde und die niedrigen Frequenzen ganz eng zusammengedrängt liegen, also schwer abzulesen sind. Deshalb sei die Resonanz- oder mit anderen Worten die Lautstärkenkurve des Hochfrequenzverstärkers zunächst auf denselben logarithmischen Maßstab umgezeichnet, in dem die Verstärker- und Lautder Annahme von 30 v. H. Lautstärkeabfall würde der Frequenzbereich von 100 bis 1500 Hertz gehen; d. h. natürlich nicht, daß außerhalb dieses Bereichs nichts zu hören wäre, aber selbst bei der Annahme, daß 10 v. H. der Maximallautstärke noch empfunden wird (was infolge des Kontrastes wahrscheinlich nicht der Fall ist), beträgt der Frequenzbereich der ganzen Apparatur nur 30 bis 2000 Hertz.

Hierbei ist die Hochfrequenzverstärkung nur für den oberen Abfall verantwortlich, der untere ist ein Fehler

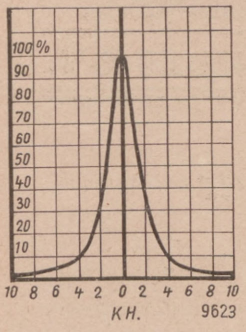


Abb. 4. Resonanzkurve eines dreikreisigen Hochfrequenzverstärkers.

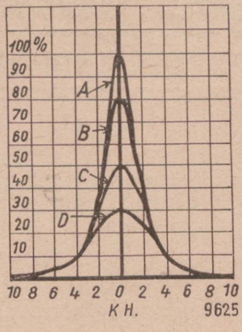


Abb. 5. Dreikreisiger Hochfrequenzverstärker. A = in Resonanz; B = 1 kHz Verstimmung; C = 2 kHz Verstimmung; D = 3 kHz Verstimmung.

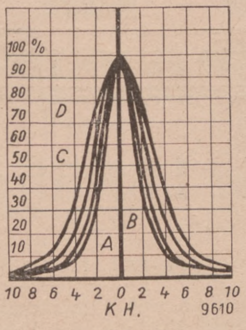


Abb. 6. Dreikreisiger Hochfrequenzverstärker. A = in Resonanz; B = 1 kHz Verstimmung; C = 2 kHz Verstimmung; D = 3 kHz Verstimmung.

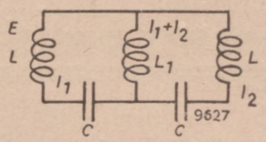


Abb. 7. Kopplungs-Siebkette.

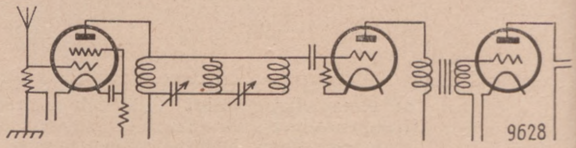


Abb. 8 Siebkreisgekoppelter Hochfrequenzverstärker.

sprecherkurve gezeichnet ist. Wir erhalten dann die Kurve A der Abb. 3. (Ausgezogene Kurve!)

Man erkennt nun, daß die Kurve schon bei 3000 Hertz nur noch 10 v. H. der Resonanzspannung gibt. Angenommen, daß noch ein Lautstärkenabfall von 30 v. H. zulässig ist, so fallen alle Frequenzen über 2200 Hertz schon im Hochfrequenzverstärker fort.

Schalten wir hinter diesen zweistufigen (dreikreisigen) Hochfrequenzverstärker einen Niederfrequenzverstärker, der bei obiger Festsetzung von 30 v. H. von 25 Hertz bis über 10 000 Hertz alles wiedergibt (Kurve B Abb. 3), und geben den Empfang auf den erwähnten dynamischen Lautsprecher (Kurve C Abb. 3), der bei derselben Festsetzung von 30 v. H. hauptsächlich des Lautsprechers und zweiten Grades der Niederfrequenzverstärkung.

Dieser untere Abfall in der Lautstärke ist zwar außerordentlich bedauerlich, aber z. Z. leider nicht zu ändern. Der obere hingegen, nur von der Hochfrequenzverstärkung verursachte, ist vom qualitativen Standpunkt aus geradezu katastrophal. Hört man sich eine derartige Apparatur an, so klingt sie sehr dumpf und kloßig. Das wird dann meist auf den Lautsprecher geschoben. „Er liegt zu tief". Ein anderer soll dann eine bessere „Tonlage" haben. Zugegeben Sprache und Musik klingen in dem betrachteten Falle besser auf einem Lautsprecher, der die niedrigen Frequenzen weniger gut wiedergibt, aber nach meiner Überzeugung gibt

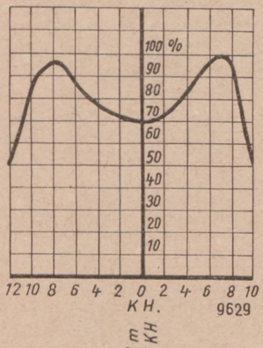


Abb. 9. Siebkreisgekoppelter Hochfrequenzverstärker.

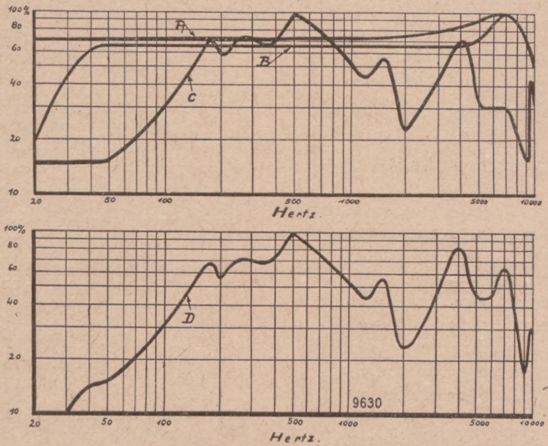


Abb. 10. Kurven des Empfängers mit siebkreisgekoppelter Hochfrequenzstufe, Audion und zwei Niederfrequenzstufen sowie dynamischem Lautsprecher. Trägerfrequenz 492 kHz. A = Hochfrequenzteil; B = Niederfrequenzteil; C = dynamischer Lautsprecher; D = Gesamtkurve.

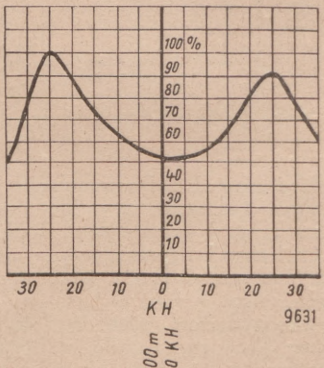


Abb. 11. Siebkreisgekoppelter Hochfrequenzverstärker.

nur bis 100 Hertz heruntergeht, so können wir durch einfache Überlegung schon finden, wie die Wiedergabe sein wird. Wir brauchen nämlich nur die drei Kurven A, B und C miteinander zu multiplizieren. Das Resultat ist nicht erhebend. Es wird nämlich durch die untere ausgezogene Kurve der Abb. 3 dargestellt.

Das Diagramm gibt uns den Schalldruck für eine mit Modulation einfallende Trägerwelle, bei der am Sender keine Frequenzbenachteiligungen vorhanden sind! Bei es heute keinen Lautsprecher, der die tiefen Töne laut genug wiedergibt!

Es bleibt demnach zu überlegen, ob und wie dieser große Übelstand der Hochfrequenzverstärkung beseitigt werden kann. Natürlich könnte eine größere Dämpfung eingeführt werden, darunter würde aber wiederum die Selektivität leiden.

Andererseits wäre es möglich, zwei von den drei Kreisen zu verstimmen, so daß immer nur ein Kreis für bestimmte

Frequenzen in Resonanz ist. Dann leidet zwar auch die Selektivität, aber wir können je nach Bedarf zwischen Qualität und Selektivität wählen. In Abb. 5 sind die Resonanzkurven für 0, 1, 2 und 3 kH-Verstimmung zweier von den drei Kreisen dargestellt. Wir erkennen den dadurch bedingten Lautstärkenabfall auf 80 v. H., 50 v. H. und 30 v. H. In Abb. 6 sind dieselben Kurven noch einmal dargestellt, jedoch ist jede Kurve so umgezeichnet, daß sie 100 v. H. erreicht. Diese Kurven geben dann ein Maß für die Selektivität.

Da wir wiederum in dieser Form mit den Kurven nicht viel anfangen können, wollen wir sie auf demselben Maßstab umzeichnen, in dem wir die Lautsprecher- und Niederfrequenzverstärker-Kurven gezeichnet haben. Bei 3 kH Verstimmung zweier Kreise erhalten wir dann die gestrichelte A-Kurve der Abb. 3.

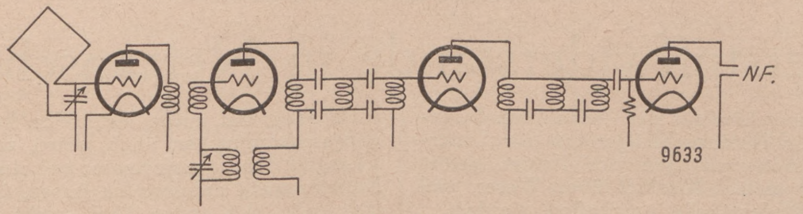


Abb. 13. Siebkreisgekoppelter Superheterodyne-Empfänger.

Kombinieren wir in diesem Falle wieder die drei Elemente, Hochfrequenz-, Niederfrequenzverstärker und dynamischen Lautsprecher, und messen den Schalldruck für den Fall des idealen Senders, so erhalten wir die gestrichelte D-Kurve in Abb. 4. Wie man sieht, geht der Frequenzbereich bei Annahme der 30 v. H.-Grenze auf etwa 1800 Hertz und bei 10 v. H. sogar auf 5000 Hertz hinauf. Immerhin eine erhebliche Verbeserung, jedoch noch sehr weit von der oberen Leistungsgrenze von Niederfrequenzverstärker und Lautsprecher entfernt.

Will man bessere Wiedergabe, darf man überhaupt nicht mittels einfacher Resonanzkreise koppeln, sondern muß Siebketten zwischen den Röhren als Kopplungsglieder verwenden. Um dies zu verstehen, sei zuerst deren Wirkungsweise untersucht.

Eine Siebkette, wie sie z. B. Abb. 7 zeigt, hat zwei sogenannte Grenzfrequenzen, zwischen denen ein je nach der Dämpfung mehr oder minder starker Abfall erfolgt.

Wir haben es ganz in der Hand, durch richtige Wahl der Spule L_1 die Breite der Resonanzkurve ω_1 bis ω_2 zu bestimmen, und durch richtige Einstellung der Dämpfung läßt sich die Ungleichförmigkeit zwischen ω_1 und ω_2 beliebig verändern, d. h. die Einsattlung beliebig flach machen. Einige Beispiele derartiger Resonanzkurven sind in Abb. 9, 11 und 14 zu ersehen.

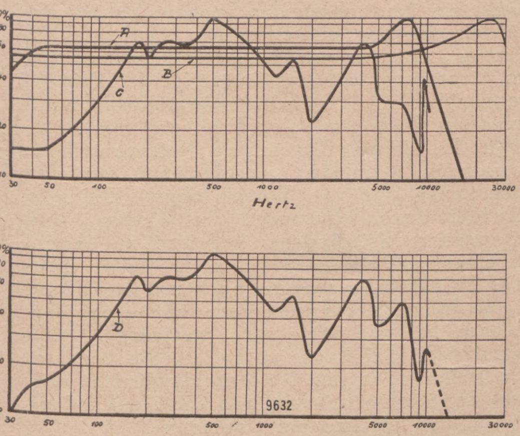


Abb. 12. Kurven des Empfängers wie Abb. 10, Trägerfrequenz 1000 kHz.
A = Hochfrequenzteil; B = Niederfrequenzteil; C = dynamischer Lautsprecher; D = Gesamtkurve.

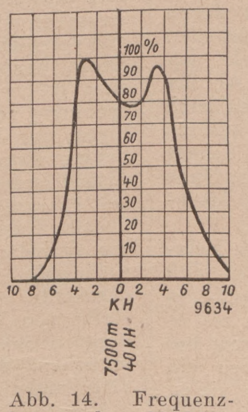


Abb. 14. Frequenzkurve des Hochfrequenzteils eines siebkreisgekoppelten Superheterodyne-Empfängers.

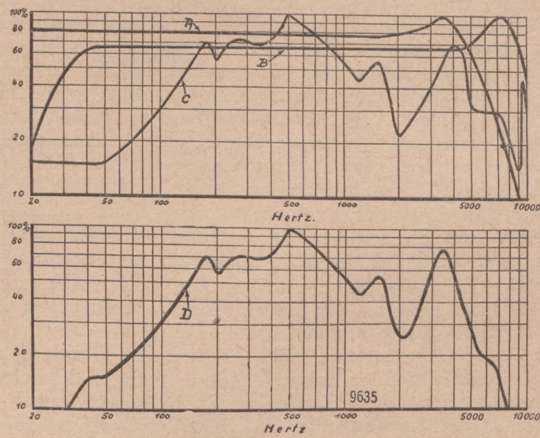


Abb. 15. Siebkreisgekoppelter Superheterodyne-Empfänger.
A = Hochfrequenzteil; B = Niederfrequenzteil; C = dynamischer Lautsprecher; D = Gesamtkurve.

Auf Grund theoretischer Überlegungen ging ich nun daran, einen derartigen Verstärker aufzubauen. Zuerst allerdings nur mit einer Stufe Hochfrequenzverstärkung, um zu sehen, was überhaupt dabei herauskommt. Die Schaltung ist in Abb. 8 wiedergegeben.

Die Antenne ist mit 10 000 Ω aperiodisch an eine Schirmgitterröhre angekoppelt, die auf eine Siebkette arbeitet. Hinter dem Audion folgt dann die Niederfrequenzstufe.

Diese Anordnung wurde durchgemessen, und zwar der Hochfrequenzteil und die Niederfrequenz für sich. Der Niederfrequenzteil entspricht der Abb. 2. Der Hochfrequenzteil ergab die Kurve Abb. 9 bei einer Abstimmung auf 492 kHz. Wir erkennen unschwer die theoretische Form heraus und stellen eine Breite von etwa 15 kHz zwischen ω_1 und ω_2 fest.

Um die Auswirkung in dem Empfänger zu erkennen, seien die Kurven wieder umgezeichnet und miteinander kombiniert. Ein Vergleich mit Abb. 3 läßt den ungeheuren Frequenzgewinn erkennen. Natürlich nur bei den oberen Frequenzen. Unten hat sich nichts geändert, wie ein Vergleich von Kurve A, Abb. 3, mit Kurve A, Abb. 10, lehrt.

Soweit wäre alles in schönster Ordnung: der Frequenzbereich ist mit einem Schlage auf einen Bereich von 100 bis über 10 000 Hertz bei der 30 v. H.-Grenze und auf den Bereich von 30 bis über 10 000 Hertz bei der 10 v. H.-Grenze erweitert. Jedoch womit ist der Gewinn erkauft? Leidet die Selektivität darunter?

Für die Selektivität ist die Steilheit des Kurvenabfalls maßgebend. Vergleichen wir dazu Abb. 5 und 6 mit Abb. 9 oder Abb. 3 mit Abb. 10. Wir haben mit e i n e r Siebkette bereits den d r e i k r e i s i g e n Verstärker ü b e r b o t e n! Die Flankensteilheit der Siebkette ist entschieden größer, als die des normalen Verstärkers. Allerdings werden drei Spulen statt einer und zwei Drehkondensatoren statt eines benutzt, was einen Mehraufwand an Material bedeutet; hinzukommt, daß alle Kondensatoren auf eine Achse gesetzt werden m ü s s e n, denn sie müssen alle gleichmäßig gedreht werden. Das ist aber mit Geduld ein für allemal erledigt, und das Material an sich kostet eben mehr. Gute Musik ist immer teurer als schlechte, und man gibt für ein gutes Konzert auch mehr aus, als für Kaffeehausmusik. Vielleicht aber gibt es auch Mittel, den Weg etwas zu verbilligen.

Vorerst soll jedoch noch untersucht werden, wie sich der Verstärker beim Abstimmen verhält. Die Messung mit der Trägerfrequenz auf 1000 kHz ergibt die Kurve Abb. 11. Sie ist durch die engere Kopplung über L_1 breiter geworden. ν_1 und ν_2 liegen jetzt 50 kHz auseinander. Die Umzeichnung ist in Abb. 12 vorgenommen.

Der Vergleich zwischen Abb. 10 und Abb. 12 ergibt keine

wesentlichen Unterschiede, da die obere Grenze bereits durch den Niederfrequenzverstärker bestimmt wird.

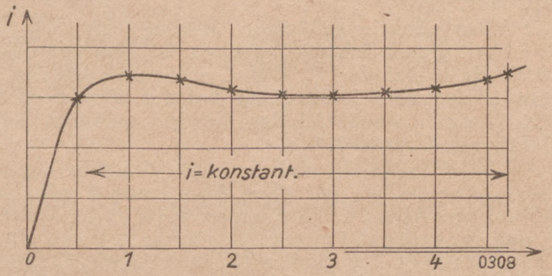
Der einzige Nachteil des so geschalteten Empfängers wäre nur noch der komplizierte und teuere Aufbau. Dieser kann vereinfacht werden, indem wir feste Kreise einbauen und die Frequenzen so transformieren, daß sie alle über denselben Verstärker laufen. Mit anderen Worten, wir bauen ein Superheterodynegerät mit Siebkreisen in der Zwischenfrequenz. Die Schaltung ist in Abb. 13 angedeutet, während Abb. 14 die Messung wiedergibt. Abb. 15 gibt zum Schluß die Kombination der drei Kurven für diesen Empfänger.

Die obere Grenze wurde absichtlich mit 30 v. H. auf 5000 Hertz gelegt, da bei der heutigen Senderverteilung mit einem Abstand von je ± 5000 Hertz ein Durchschlagen unerwünschter Sender erfolgt. Also lediglich ein Kompromiß, nicht technisches Unvermögen.

Eisenwasserstoffwiderstände in Netzanschlußgeräten

In letzter Zeit wird immer häufiger der Einbau von Eisenwasserstoffwiderständen in Netzanschlußgeräten zur Unterdrückung der Spannungsschwankungen des Netzes gefordert. Es soll daher hier einmal Klarheit über Wesen und Zweckmäßigkeit dieser Widerstände geschaffen werden.

Wer jemals Gelegenheit hatte, den Spannungsmesser einer elektrischen Anlage zu beobachten, wird bemerkt haben, daß der Zeiger des Instrumentes nie in seiner Sollstellung verharrte, sondern stets Abweichungen nach oben und unten



zeigte. Dabei sind zwei Arten von Schwankungen zu unterscheiden, nämlich ruckartiges Steigen oder Fallen des Zeigers und langsames Vor- und Rückwärtskriechen.

Im ersten Falle liegt ein Einfluß der in der Nähe aufgestellten Motoren und Transformatoren vor, die am selben Leitungszweig liegen und durch Ein- und Ausschalten oder durch plötzliche Belastungsänderungen die Störungen hervorrufen. Der Stromstoß beim Einschalten bewirkt ein plötzliches Fallen der Netzspannung, das Ausschalten ein momentanes Steigen. In Wirklichkeit geht die Spannungsänderung noch plötzlicher vor sich, als es das Instrument anzeigt (durch künstlich eingebaute Dämpfung und durch die Trägheit der Zeigermasse kann das Instrument den Schwankungen der Netzspannung nicht momentan folgen). Gegen diese Art Störungen wird es wohl keine Abhilfe geben, denn die Eisenwasserstoffwiderstände sprechen noch träger an als der Spannungsmesser. Die Drosseln unseres Netzanschlußgerätes stellen zwar einen minimalen Schutz dagegen dar, aber auch sie vermögen die Spannungssprünge nicht zeitlich so zu verlangsamen, daß eingebaute Eisenwasserstoffwiderstände in Funktion treten könnten.

Die Störungen der zweiten Art sind in langsamen Belastungsänderungen des Leitungsnetzes begründet; sei es, daß im Netz der Stromverbrauch steigt oder fällt (durch die zu- und abnehmende Zahl brennender Glühlampen), sei es das Stillegen oder Inbetriebsetzen von Elektromotoren, bei dem außer der plötzlichen Spannungsänderung noch ein langsames Steigen oder Fallen die Folge ist, da die vielen zusammenwirkenden Schaltvorgänge zeitlich gegeneinander verschoben sind. Diese langsamen Spannungsänderungen könnten die Eisenwasserstoffwiderstände zwar aufnehmen[1]), aber es bleibt noch zu untersuchen, ob sich eine Anwendung der Widerstände aus technischen und wirtschaftlichen Gründen ermöglichen läßt.

Als Beispiel sei ein 220 Volt-Wechselstromnetz gewählt, dem mittels Transformators, Gleichrichters und Drosselkette Anoden- und Heizstrom für die Empfängerröhren entnommen werden. Die Netzspannung sollte 220 Volt betragen, doch ist es nicht selten, daß man Abweichungen um 10 bis 15 Volt nach oben und unten feststellen kann. Um nun die Spannungsschwankungen nach unten zu erfassen, sind wir gezwungen, den Transformator bei etwas weniger als geringster Netzspannung arbeiten zu lassen, in unserem Falle also bei 200 Volt. Als erstes Übel ergibt sich somit eine Abänderung des Transformators. Es wird nun angenommen, wir wenden die Eisenwasserstoffwiderstände im Primärkreis an; dadurch halten wir sowohl Anoden- als auch Heizspannung konstant. Bei Einschaltung im Sekundärkreis wären zwei getrennte Widerstände für Anoden- und Heizstrom zu verwenden. Wenn nun der Transformator entsprechend dimensioniert ist, ergeben sich 5 bis 35 Volt als Regulierbereich für die Eisenwasserstoffwiderstände.

Abb. 1 zeigt die Charakteristik eines automatischen Heizstromreglers für Empfängerröhren. Billigt man dem Heizstromregler einen Spannungsabfall von 0,5 bis 4,7 Volt zu, so hält er den Heizstrom konstant oder anders ausgedrückt, die Empfängerröhre liegt an konstanter Spannung. Dieses Ziel erstreben wir für unseren Transfomator. Wir könnten dieses Ziel einfach durch Verwendung von zehn hintereinandergeschalteten Heizstromreglern erreichen. Der Regulierbereich würde sich dann von 5 bis 47 Volt erstrecken; der Überschuß von 12 Volt würde nichts schaden, sondern nur die Lebensdauer der Widerstände verlängern. Die Sache sieht also sehr einfach aus, ist es aber nicht, denn wir haben noch nicht die im Primärkreis unseres Transformators fließende Stromstärke berücksichtigt. Beim Heizstromregler ist sie konstant, ist sie es auch im Netzanschlußgerät? Nein, leider nicht! Denn wir entnehmen dem Gerät Anoden- und Heizströme in wechselnder Stärke. Schalten wir zum Kopfhörerempfang die Endverstärkung ab, so sinkt der Stromverbrauch und damit auch der Primärstrom. Die Folge ist dann ein Anwachsen der Spannungen für unsere Eingangsröhren, die das bisweilen sehr übel nehmen. Tauschen wir unsere Lautsprecherröhre gegen eine moderne mit verstärktem Stromverbrauch aus, so steigt der Primärstrom, der Spannungsabfall im Eisenwasserstoffwiderstand wird größer, trotzdem doch gar keine Erhöhung der Netzspannung vorliegt. Es sinken also unsere Netzspannungen hinter der Drosselkette gerade in dem Moment, wo eine höhere Anodenspannung nur von Vorteil wäre. Um also Eisenwasserstoffwiderstände verwenden zu können, sind wir gezwungen, unseren Primärstrom konstant zu halten, eventuell durch eingeschaltete Ausgleichwiderstände. Dieses Verhalten des Primärstromes dürfte auch mit der Grund dafür sein, daß die Industrie bis jetzt vom Einbau der Widerstände abgesehen hat, sie wäre sonst gezwungen, eine Reihe von Widerständen auf Lager zu halten, die den fest vorgeschriebenen Belastungen des Netzanschlußgerätes entsprächen. Es ist noch zu erwähnen, daß die Verwendung einer anderen Gleichrichterröhre ein Unding ist.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus stellt ein Eisenwasserstoffwiderstand eine Erhöhung der Verlustleistung dar. Das will bei einem Netzanschluß von z. B. 25 Watt nicht viel sagen, kann aber bei Anschlüssen von höherer Energieentnahme schon eine Rolle spielen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, die Unterdrückung der Spannungsänderungen durch Eisenwasserstoffwiderstände ist für die Industrie aus technischen und zum Teil auch wirtschaftlichen Gründen schwer durchführbar, da die Eisenwasserstoffwiderstände eine ansehnliche Größe haben würden, nur für bestimmte Stromstärken in Frage kämen, außerdem die Transformatoren für eine andere als normale Primärspannung eingerichtet werden müßten. Für den Bastler ergibt sich unter Anwendung der Heizstromreduktoren ein neues Arbeitsgebiet. *H. Haselhorst.*

[1]) Dasselbe gilt natürlich auch von den nach sprunghafter Änderung verbleibenden und andauernden Spannungserhöhungen und -erniedrigungen.

Die Technik des Tonfilms

II. Der Lichttonfilm

Seine Entwicklungsgeschichte — Die verschiedenen Systeme. — Die Intensitätsmethode

Von

Eduard Rhein.

In Heft 30 des „Funk-Bastler“ hatte eine Aufsatzreihe über Wesen und Technik des Tonfilms begonnen, da diese Materie den modernen Funkfreund interessiert und die Tonfilmtechnik in enger Beziehung zur Funktechnik steht. Wenn man es genau betrachtet, ist sogar der Tonfilm erst durch die Entwicklung des Rundfunks Wirklichkeit geworden. In diesem und den folgenden Aufsätzen wird das Verfahren der Schallaufzeichnung durch Lichteindrücke behandelt.

Die grundlegende Idee, Schallschwingungen auf einem Filmstreifen zu fixieren, stammt von dem deutschen Physiker Ernst Ruhmer, der deswegen wohl auch als der eigentliche Erfinder des Klangfilms angesehen werden kann. Dabei ist selbstverständlich bedeutungslos, daß Ruhmer an die Ausnutzung seiner Erfindung für den Tonfilm[1]) offenbar nie gedacht hat. Wohl dagegen — und das ist das Ausschlaggebende — hat ihm die Verwendung des Klangfilms an Stelle der Schallplatte vorgeschwebt; vor allem, weil er das Abspielen beliebig langer Stücke ermöglicht. Daß man aber auch darin zunächst nicht recht weiterkam, ist auf das Fehlen geeigneter Verstärkereinrichtungen zurückzuführen. Das Mikrophonrelais von Mercadier konnte selbst bescheidenen Ansprüchen an die Qualität der Wiedergabe nicht genügen. Überdies war es gegen mechanische Erschütterungen so empfindlich, daß seine praktische Verwendung selbst bei ballistischer Aufhängung ungemein erschwert wurde.

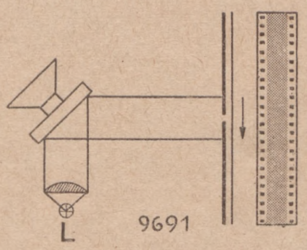


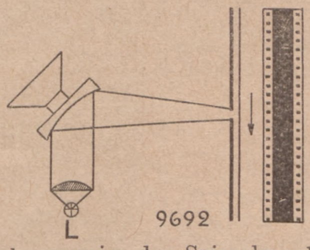
Abb. 17. Stück aus einem Tri-Ergon-Tonfilm. Der eigentliche Klangfilm ist noch an der Seite, außerhalb der Perforation, aufkopiert.

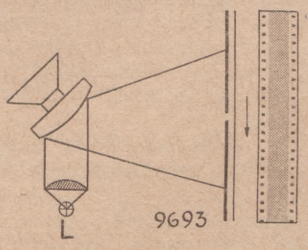
Gewissermaßen als Vorläufer der Ruhmerschen Erfindung stehen Graham Bell, Duddell und Simon mit der Erfindung der Lichttelephonie, der singenden und der sprechenden Bogenlampe, auf die deshalb kurz eingegangen werden soll.

Schon 1892 hatte Graham Bell auf der Chicagoer Ausstellung sein Lichttelephon vorgeführt, mit dem man bereits über mehrere hundert Meter drahtlos telephonieren konnte. Bell konzentrierte die Sonnenstrahlen auf eine sehr dünne Membran, die auf der Rückseite verspiegelt war (Abb. 8). Wurde gegen die Membran gesprochen, so bog sie sich im Rhythmus der Schallschwingungen nach außen oder innen durch, so daß die in einem parallelen Strahlenbündel auftreffenden Lichtstrahlen entweder nach Abb. 9 verdichtet oder nach Abb. 10 zerstreut wurden. Auf der Empfangsseite konzentrierte ein Parabolspiegel die Lichtstrahlen auf seinen Brennpunkt. Dort befand sich ein einseitig zugeschmolzenes Glasrohr, in dem ein Stück verkohlter Kork befestigt war. Unter dem Einfluß der wechselnden Erwärmung zog sich dieser mehr oder weniger zusammen und erzeugte dabei in dem Glasrohr Verdichtungen oder Verdünnungen der Luft, die als leise Schalleindrücke wahrgenommen werden konnten.

Wenige Jahre später, etwa 1900, hatte Duddell entdeckt, daß der Flammenbogen einer Gleichstrombogenlampe zu pfeifen beginnt, wenn man parallel zum Lichtbogen eine Drosselspule und einen mit ihr in Serie geschalteten Kondensator legt. Die in diesem Kreise entstehenden Wechselströme überlagern sich dem Gleichstrom und rufen entsprechende Temperaturunterschiede des Flammenbogens hervor, unter deren Einfluß er sich ausdehnt oder zu-







Wirkungsweise der Spiegelmembran.

Die von der konstanten Lichtquelle L ausgehenden Strahlen werden in einer Linse parallel gerichtet und auf die Spiegelmembran geworfen, die sie dann gegen den Schlitz reflektiert, hinter dem sich der als Linie gezeichnete Filmstreifen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit vorbeibewegt.

Abb. 8. Die Membran im Ruhezustand. Der Film wird gleichmäßig belichtet. (Ruhebelichtung!) Das Filmband zeigt nach dem Entwickeln einen grauen Ton.

Abb. 9. Die Membran hat sich unter dem Einfluß der Schallwellen nach innen durchgebogen. Das auf den Schlitz fallende Licht wird also verdichtet. (Mehrbelichtung!) Das Filmband zeigt nach dem Entwickeln einen schwarzen Ton.

Abb. 10. Die Membran hat sich unter dem Einfluß der Schallwellen nach außen durchgebogen. Das auf den Schlitz fallende Licht wird also zerstreut. (Minderbelichtung!) Das Filmband zeigt nach dem Entwickeln einen blaßgrauen Ton.

---

[1]) Vgl. die Definition im ersten Teil des Aufsatzes „Funk-Bastler“ 1929, Heft 30, Seite 465.

sammenzieht, wobei die Luft in Schwingungen versetzt wird. Diese Schwingungen werden von uns als Ton wahrgenommen. Die Höhe des Tones wird durch die Größe der Drossel und des Kondensators bestimmt (Abb. 11).

Nach diesem Prinzip entwickelte Simon die sprechende Bogenlampe. Er benutzte die in Abb. 12

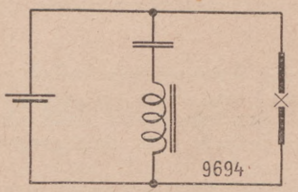


Abb. 11. Die singende Bogenlampe.

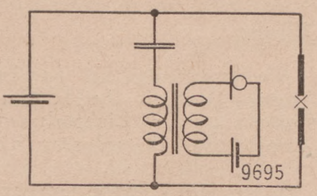


Abb. 12. Die sprechende Bogenlampe.

wiedergegebene Anordnung, bei der an Steile der Drosselspule ein Transformator liegt, der primärseitig mit einer Batterie und einem Mikrophon verbunden ist. Wird in das Mikrophon gesprochen, so werden die auf die Sekundärwindung transformierten Sprechwechselspannungen dem Flammenbogen überlagert, und zwar wird sich die Wechselspannung einmal zu der Gleichspannung addieren und damit eine Vergrößerung der Lichtbogenintensität erwirken, oder aber sie wird bei umgekehrt fließendem Wechselstrom der Gleichspannung entgegenwirken und eine entsprechende Verkleinerung der Lichtbogenintensität bedingen. Die damit verknüpften schnellen Temperaturänderungen des Flammenbogens verursachen entsprechende Erschütterungen der Luft, die wir als Ton wahrnehmen.

Ruhmer schuf aus diesen Erfindungen den ersten eigentlichen Klangfilm, und zwar erreichte er dieses Ziel auf zwei Wegen, die in Abb. 13 und 14 gezeigt sind.

Um eine übersichtliche Darstellung des ganzen Gebietes zu ermöglichen, ist es unerläßlich, Aufnahme- und Wiedergabeapparaturen gesondert zu behandeln.

Die Aufnahmeapparaturen.

Direkte und indirekte Intensitätsmethode.

An Stelle der von Bell benutzten Sonnenstrahlen verwendete Ruhmer zunächst das Licht einer konstant brennenden Bogenlampe, das durch die Bellsche Spiegelmembran auf einen Schlitz geworfen wurde, hinter dem in einer lichtdichten Kamera ein Filmband mit einer Geschwindigkeit von 2 m je Sekunde vorbeibewegt wurde. Wurde nun in den Spiegel gesprochen, so entstanden auf dem Film hellere oder dunklere Streifen, je nachdem das auf den Schlitz fallende Licht verdichtet oder zerstreut wurde.

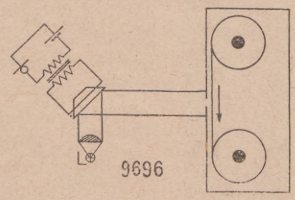
Bei der zweiten Methode ging Ruhmer von der Erkenntnis aus, daß sich bei der Simonschen sprechenden Bogenlampe nicht nur Schall-, sondern auch Lichtschwankungen ergaben. Es mußte also auch möglich sein, diese Lichtunterschiede auf den Filmstreifen zu bannen. Er konzentrierte daher das wechselnde Licht der Bogenlampe auf den Schlitz der Filmkamera und erhielt wieder die helleren oder dunkleren Querstreifen.

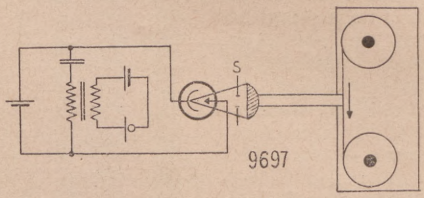
Diese beiden Möglichkeiten werden auch heute noch benutzt, natürlich unter Anwendung entsprechend verfeinerter Apparaturen, auf die weiter unten noch näher eingegangen werden soll. Grundsätzlich soll vorerst nur festgestellt werden, daß es sich bei beiden Methoden darum handelt, das auf den Film wirkende Licht bezüglich seiner Intensität zu beeinflussen, sei es nun bei konstanter Lichtquelle durch ein entsprechendes Zwischenglied (indirekte Methode) oder durch Beeinflussung der Lichtquelle selbst (direkte Methode). Wir haben also zu unterscheiden zwischen einer direkten und einer indirekten Intensitätsmethode. Diese Unterscheidung ist deshalb sehr wichtig, weil fast allgemein bei der später zu beschreibenden Transversalmethode eine falsche Definition gegeben wird.

Der Filmstreifen selbst läßt nicht erkennen, ob bei der Aufnahme nach der direkten oder indirekten Intensitätsmethode gearbeitet wurde.

Bei beiden wird durch geeignete Mittel dafür gesorgt, daß im Ruhezustand, das heißt bei unbesprochenem Mikrophon, eine gleichmäßige, mittlere Schwärzung des Films durch die Lichtquelle verursacht wird. Dieser Zustand ist in Abb. 8 bei der indirekten Intensitätsmethode dargestellt. Bei der direkten Methode entspricht dieser Zustand der unbeeinflußten Helligkeit der Lichtquelle. Weil der durchlaufende Film bei ruhendem, also nicht besprochenem Mikrophon, belichtet wird, nennt man diese Belichtung die Ruhebelichtung.

Wird das Mikrophon besprochen, so schwankt die Belichtung des Films bei jeder Tonwelle sowohl nach oben wie nach unten. Diese Schwankungen sind in Abb. 15 dargestellt.





Indirekte und direkte Intensitätsmethode.

Abb. 13. Indirekte Intensitätsmethode. Die Lichtquelle brennt mit gleichmäßiger Helligkeit. Die Helligkeitsschwankungen werden durch ein Zwischenglied (hier Telephon mit verspiegelter Membran) erzeugt, das von den Sprechströmen gesteuert wird.

Abb. 14. Direkte Intensitätsmethode. Die Helligkeit der Lichtquelle (hier Glimmlampe) wird direkt von den in Wechselstrom umgesetzten Schallwellen gesteuert. Ruhmer verwendete statt der Glimmlampe die sprechende Bogenlampe (Abb. 12).

Bei der positiven Halbwelle tritt eine steigende und wieder auf die Ruhebelichtung absinkende Mehrbelichtung des Films ein, die

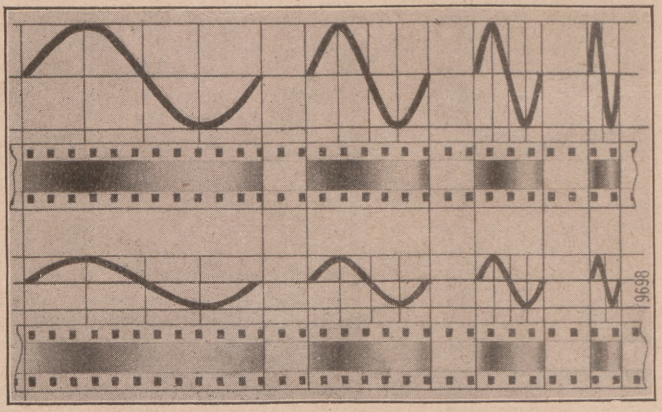


Abb. 15. Aufzeichnung der Schallwellen bei der Intensitätsmethode. Je größer die Lautstärke, je stärker die Kontraste. Je tiefer die Töne, je dicker die Querbalken.

sich als ansteigende und wieder abfallende Schwärzung des Streifens markiert.

Bei der negativen Halbwelle dagegen tritt eine allmählich zunehmende und wieder auf die Ruhebelichtung abklingende Minderbelichtung des Films ein. Sie äußert sich auf dem Filmband als wachsende und wieder absinkende Aufhellung der Ruhebelichtung.

Es ist wohl ohne weiteres einzusehen, daß der Grad der Mehr- oder Minderbelichtung von der

Größe der Schwingungsamplitude, also von der Lautstärke des Tones, abhängig ist, und daß zu einer Mehrbelichtung auch immer eine genau gleich breite Minderbelichtung gehört. Somit läßt sich die einfache Regel aufstellen: *Der Kontrastreichtum ist der Lautstärke proportional.* Oder: *Je größer die Lautstärke, je stärker die Kontraste.*

Die Lautstärke Null müßte demnach ein *kontrastloses* Filmband liefern. Wie wir gesehen haben, ist dies

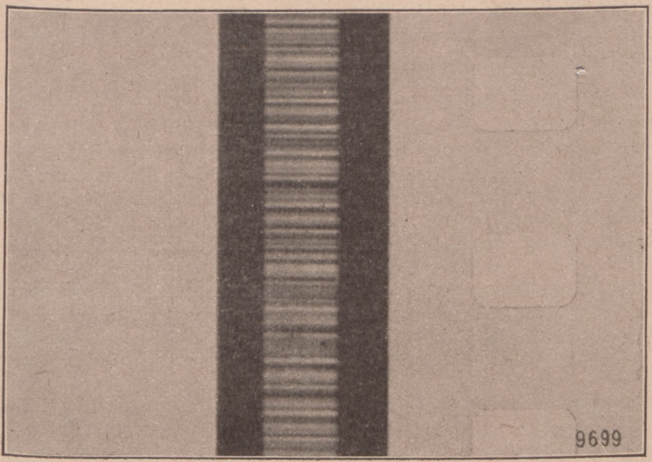


Abb. 16. Nach dem Intensitätsverfahren aufgenommener Klang. Der Kontrastreichtum läßt auf erhebliche Lautstärke schließen. Die verschiedene Dicke der Querbalken ist deutlich erkennbar.

auch der Fall: *der unbesprochene Klangfilm ist gleichmäßig grau* (Ruhebelichtung).

Um diese Verhältnisse zu zeigen, sind in Abb. 15 langwellige (tiefe) und kurzwellige (hohe) Tonschwingungen aufgetragen bei zwei verschiedenen Amplituden (Lautstärken). Wir sehen, daß das Filmband bei den lauteren Tönen kontrastreicher ist. Gleichzeitig fällt aber auf, daß sich der tiefe Ton vom hohen durch die Dicke der Querbalken unter-



Abb. 18. Stück aus einem neuen Tonfilm. Der Klangfilm ist bereits innerhalb der Perforation untergebracht.

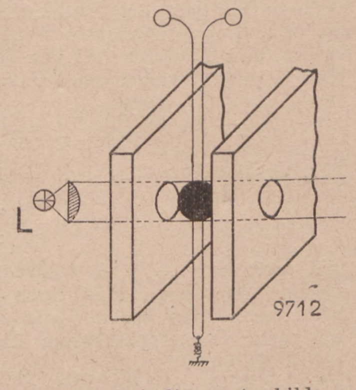


Abb. 21. Bei dieser Ausbildung des Oszillographen wird das von der Lampe L ausgehende Lichtbündel je nach der Drehung der schwarzen Blende mehr oder weniger abgesperrt.

scheidet, und zwar hat der tiefe Ton dickere Streifen (dunkle *und* helle), der hohe dagegen dünne. Die zweite Regel lautet also: *Die Breite der Querbalken ist der Wellenlänge proportional.* Oder: *Je tiefer die Töne, je dicker die Querbalken.*

Abb. 16 gibt ein Stück Klangfilm, auf dem sich diese Verhältnisse deutlich zeigen. Die Kontraste lassen auf eine mittlere Lautstärke schließen. Die Dicke der Balken wechselt erheblich. Abb. 17 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus einem nach dem Intensitätsverfahren aufgenommenen Film. Die Dicke der Querbalken ist dabei schon außerordentlich klein. Bei dem Film selbst sind sie zuweilen nur mikroskopisch erkennbar (Abb. 18). Besonders dann, wenn ein Tonfilm sehr leise bespielt worden ist.

Verbesserung der direkten Intensitätsmethode.

Eine wesentliche Verbesserung der Ruhmerschen Anordnung brachte die Erfindung von Arthur *Korn*, der an Stelle der Bogenlampe ein Vakuumrohr benutzte, in dem

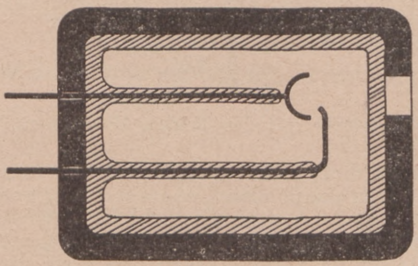


Abb. 19. Die Glimmlampe nach Korn.

sich zwei Elektroden befinden, von denen die eine als kleiner Reflektor ausgebildet ist. (Abb. 19.) Gegenüber diesem Reflektor befindet sich in der lichtdichten Umhüllung eine kleine Öffnung. Wird an die beiden Elektroden eine hohe Spannung gelegt, so entsteht zwischen ihnen ein bläuliches Licht, das sich genau wie das Licht der Bogenlampe durch einen in den Speisekreis gelegten Transformator mit primärseitigem Mikrophon beeinflussen läßt. Da das erwähnte bläuliche Licht photographisch sehr wirksam ist und sich die ganze Anordnung durch große Stabilität gegenüber der sprechenden Bogenlampe auszeichnet, bedeutete sie eine bemerkenswerte Verbesserung. Nebenbei sei darauf hingewiesen, daß derartige Glimmlampen heute auch bei den Fernsehversuchen verwendet werden. Leider ist die mit diesen Lampen erzielbare Helligkeit aber nur gering, wodurch ihre Verwendbarkeit für die Praxis doch wieder erheblich eingeschränkt wird.

Verbesserung der indirekten Intensitätsmethode.

Wie bereits in Abb. 13 und 14 gezeigt wurde, kann statt der Bellschen Silbermembran ein Telephon mit verspiegelter

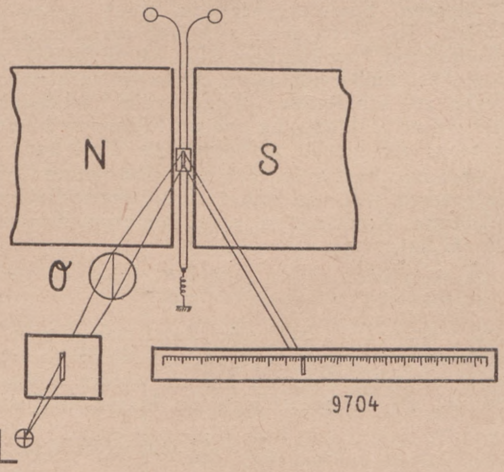


Abb. 20. Der Oszillograph. Das von der Lampe L ausgehende Licht wird als runder oder eckiger Lichtkegel auf den Spiegel geworfen, der es entsprechend dem die Schleife durchfließenden Strom ablenkt.

Membran benutzt werden. Diese Anordnung wurde zeitweilig von Denes von Mihály verwendet.

Später wurde an Stelle des vorerwähnten Silberspiegels mit dem sogenannten Oszillographen gearbeitet. Die Wirkungsweise dieser Oszillographen sei für diesen Zweck kurz erklärt. Bekanntlich wird ein stromdurchflossener Leiter, der sich zwischen den Schenkeln eines Magneten befindet, abgelenkt, und zwar richtet sich die Ablenkung bei einer gegebenen Anordnung nach der Richtung

des Stromes. Befestigt man nun zwischen den Polen eines Magneten einen schleifenförmig geführten Leiter, so wird dieser entsprechend der Stromrichtung und Stärke des Stromes verdreht. Ein an den Leitungsdrähten befestigter

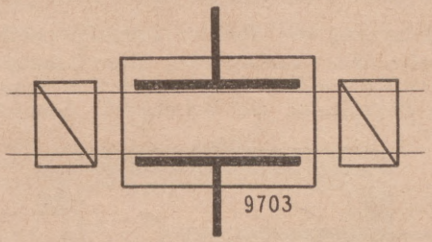


Abb. 22. Die Kerrzelle mit den beiden Nicolschen Prismen.

Spiegel nimmt an diesen Bewegungen teil und kann so benutzt werden, einen durch eine Linse auf ihn konzentrierten Lichtstrahl entsprechend dem die Schleife durchfließenden Strom abzulenken. (Abb. 20.) Nach dieser Methode wurden verschiedene Lösungen vorgeschlagen. So etwa die Anordnung von Arnold Poulsen und Axel Petersen, die zu diesem Zweck den Siemens-Oszillographen verwenden. Das Licht einer konstanten Stromquelle wird durch das Spiegelchen so gelenkt, daß es den quer zum Filmstreifen laufenden Schlitz in einer geringeren oder größeren Breite beleuchtet, wodurch auf dem Film nicht gleichlange, sondern verschieden lange, aber gleichmäßig belichtete Streifen entstehen. Es handelt sich dabei also um die im nächsten Abschnitt zu besprechende Transversalmethode.

Auf den ersten Blick könnte man nun schließen, daß mittels des Oszillographen nur transversale Aufzeichnungen vorgenommen werden können. Das ist jedoch nicht der Fall.

Nach Abb. 21 kann der Oszillograph auch dazu benutzt werden, den Weg eines Strahlenbündels mehr oder weniger zu öffnen oder zu schließen. An Stelle des Spiegel ist dann auf der Schleife eine dunkle Blende befestigt.

Am günstigsten liegen offenbar die Verhältnisse, wenn ein trägheitsloses Relais, etwa die sogenannte Kerrzelle, benutzt wird, die bereits aus den Fernseh- und Bildübertragungseinrichtungen von Prof. Karolus hinlänglich bekannt ist. Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle nur noch einmal kurz erwähnt, daß in einem mit Nitrobenzol gefüllten Glasgefäß zwischen zwei einander gegenüberstehenden Kondensatorplatten die Helligkeit eines die Zelle durchfließenden polarisierten Lichtstrahl entsprechend den an den Kondensator gelegten Spannungsschwankungen geändert werden kann. Da durch die Kerrzelle sehr erhebliche Lichtmengen trägheitslos gesteuert werden können, ist sie der Glimmlampe überlegen. (Abb. 22.) (Fortsetzung folgt.)

Der umgewandelte Rundfunkempfänger.

Unter der Überschrift „Die Umwandlung von Rundfunkempfängern im Kurzwellenempfänger" macht Dr. Haak in Heft 22 des „Funk-Bastler" den Vorschlag, in Serie mit dem normalen Abstimmkondensator von 500 cm einen Blockkondensator von 200 cm zu legen. Wenn hierdurch auch die Stationen weiter auseinanderrücken, besonders da auf den Kurzwellenbändern die Besetzung vorläufig noch nicht so dicht ist wie im Rundfunkbereich, so ist die Bedienbarkeit immer noch schwieriger, als man es im Rundfunkbereich gewöhnt ist, denn der einzelne Sender ist nur auf einem sehr kleinen Stück der Skala hörbar. Man benötigt unbedingt noch eine gute Feineinstellung. Dafür hat man allerdings den Vorteil, mit weniger Spulen auszukommen.

Sollen die Verhältnisse ähnliche sein, wie man dies vom Rundfunkbereich gewöhnt ist, so muß man einen bedeutend häufigeren Spulenwechsel in Kauf nehmen. In vielen Fällen, so, wenn man sich auf ein bestimmtes schmales Wellenband beschränken will, ist es jedoch zweckmäßiger, den Abstimmbereich einer Spule zu verkleinern und den in Serie zu schaltenden Kondensator erheblich kleiner als 200 cm zu wählen. Es soll im folgenden berechnet werden, welches der hierfür zweckmäßige Wert ist:

Legt man zugrunde, daß man eine untere Grenze von 20 m aufnehmen will, so ergibt sich, wenn die von Haak angegebene Kombination einen unteren Kapazitätswert von 18 cm hat,

$$20 = \frac{2\,\pi}{100}\sqrt{18\,L}$$

und hieraus L = 5620 cm. Setzt man diesen Wert und den ebenfalls von Haak angegebenen Maximalwert der Kondensatorenkombination von 143 cm wieder in die Thomsonsche Formel ein, so erhält man als Maximalwellenlänge

$$\lambda_g = \frac{2\,\pi}{100}\sqrt{143 \cdot 5620} = 56{,}30 \text{ m.}$$

Nun entspricht 20 m einer Frequenz von 15 000 000 Hertz, 56,3 m einer Frequenz von 5 330 000 Hertz. Die Differenz ist also 9 670 000 Hertz, d. h. man könnte, wenn man die Entfernung der einzelnen Sender mit 10 000 Hertz annimmt, mit einer Skalendrehung 967 Sender erreichen. Dem stehen beim Rundfunkbereich von 200 bis 600 m 108 Sender gegenüber, die Sender würden also noch immer neunmal so eng zusammenstehen wie im Rundfunkbereich, oder man würde bei der hundertteiligen Skala pro Strich fast 10 Sender haben.

Sollen auch im 20 m-Band 108 Sender auf die ganze Skala gehen, so muß man sich zunächst überlegen, wie groß dann die maximal zu empfangende Welle sein darf:

Der Welle 20 m entspricht die Frequenz 15 000 000 Hertz; bei der Umdrehung der Skala darf eine Abnahme von 1 080 000 Hertz erfolgen, so daß die größte zu empfangende Welle eine Frequenz von 13 920 000 Hertz haben darf. Dieser Frequenz entspricht eine Welle von 21,55 m. Ein breiteres Wellenband darf also nicht bestrichen werden. Nunmehr wäre zu berechnen, wie dann das Verhältnis der Endkapazität C_e zur Anfangskapazität C_a sein muß. Nach Einsetzung beider Werte in die Formel erhält man:

$$21{,}55 = \frac{2\,\pi}{100}\sqrt{C_e \cdot L}, \text{ und hieraus } C_e = \frac{2155^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L}$$

und

$$20 = \frac{2\,\pi}{100} \cdot \sqrt{C_a \cdot L}, \text{ und hieraus } C_a = \frac{2000^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot L}.$$

Das Verhältnis $\frac{C_e}{C_a}$ ist also $= \frac{2155^2}{2000^2} = 1{,}133.$

Nunmehr kann man die Größe des Blockkondensators berechnen, der mit dem Drehkondensator in Serie zu schalten ist. Der Drehkondensator habe eine Anfangskapazität von 50 und eine Endkapazität von 500 cm, der Blockkondensator eine Kapazität von x cm. Dann ist

$$C_e = \frac{500 \cdot x}{500 + x} \quad \text{und} \quad C_a = \frac{50 \cdot x}{50 + x}.$$

Das Verhältnis beider soll = 1,163 sein. Also ergibt sich

$$1{,}163 = \frac{500 \cdot x\,(50 + x)}{50 \cdot x\,(500 + x)}$$

und hieraus x = 9,16, während Dr. Haak hierfür 200 cm angab. Nun kann man noch die resultierende Kapazität ausrechnen und hieraus die notwendige Selbstinduktion: Bei ganz herausgedrehtem Drehkondensator ergibt sich $C_a = \frac{9{,}16 \cdot 50}{9{,}16 + 50} = 7{,}77$ cm. Setzt man diesen Wert wieder in die Formel ein, so erhält man

$$20 = \frac{2 \cdot \pi}{100} \cdot \sqrt{7{,}77 \cdot L},$$

hieraus L = 13 130 cm. Da im Rundfunkbereich normalerweise bei einer oberen Empfangsgrenze von 600 m sich L nach der Formel $600 = \frac{2 \cdot \pi}{100} \cdot \sqrt{500 \cdot L}$ zu L = 182 500 cm ergibt, muß für die 20 m-Welle die Selbstinduktion (182 500 : 13 130 = 13,9) bei gleichem Durchmesser etwa den vierzehnten Teil der Windungen haben. Da man im Rundfunkbereich etwa 75 Windungen benutzt, kämen also für das Band um 20 m fünf bis sechs Windungen in Frage.

Dr. Curt Borchardt.

FUNK BASTLER

CQ

MITTEILUNGEN DES DEUTSCHEN AMATEUR-SENDE- UND EMPFANGS-DIENSTES

JULI 1929 (D.A.S.D.) JULI 1929

D F T V

HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DES DEUTSCHEN FUNKTECHNISCHEN VERBANDES E.V. VON DR. TITIUS
PRESSEABTEILUNG DES D.A.S.D., BERLIN W 57, BLUMENTHALSTRASSE 19, TELEPHON: LÜTZOW 9148
DIE BEILAGE CQ ERSCHEINT MONATLICH / GESONDERT DURCH DIE POST BEZOGEN VIERTELJÄHRLICH 3,— RM

Als deutscher Amateur auf dem Pariser Kurzwellen-Kongreß

Der erste Pariser Kurzwellenamateur-Kongreß des „Réseau des Emetteurs Français" (R. E. F.).

Entsprechend der immer größer werdenden Entfaltung des „Réseau des Emetteurs Français" hielten die französischen Amateure in diesem Jahre zum ersten Male nicht nur eine Generalversammlung, sondern auch einen zweitägigen Kongreß ab, der am 1. und 2. Juni 1929 in Paris stattfand. Weit über 100 Mitglieder des R. E. F. waren erschienen sowie zahlreiche Abgeordnete ausländischer Organisationen der „International Amateur Radio Union" (I. A. R. U.). Zu nennen sind besonders Kemeny (HAF 2 a), Vertreter Ungarns, Jannsen (ON 4 BZ), Belgien, Santangelli (I 1 ER) vom European Engineering Department of International, Standard Electric Corp.) für Italien und schließlich als Vertreter Deutschlands Ströbel, DE 236, aus Augsburg.

Am Sonnabend, dem 1. Juni, eröffnete der Gründungspräsident J. Lefèbvre (F 8 GL), in der Universität Sorbonne den Kongreß mit dem Dank an alle Erschienenen, besonders auch an die ausländischen Delegierten, die durch ihre Anwesenheit dem „Réseau des Emetteurs Français" ihre Sympathien bezeugten. Dann hielt der geschäftsführende Präsident, J. Reyt (F 8 FD), einen sehr klaren und eingehenden Vortrag über den Empfang der Kurzwellen im Superheterodyne. Anschließend besprach der technische Sekretär, Ing. R. Martin (F 8 DI), die Besonderheiten des Quarzkristalls, und J. Lefèbvre behandelte die Frage der „Frequenzstreifen", Sendergebühren, QSL-Kartenvermittlung und die Regelung der Prüfung der Sendeamateure. Die Ausführungen ernteten reichen Beifall. Darauf gab Duguet, Operateur der Station FPCA auf der Insel Kerguelen, eine Beschreibung dieser Station, die lebhaftes Interesse bei den Mitgliedern fand, da viele an den Versuchen dieser Station teilgenommen hatten.

Nach der Mittagspause wurde die Funkstation des Eiffelturms besucht, deren Leiter, Hauptmann Mantin, persönlich die Kongreßteilnehmer durch die Station führte und Einzelheiten erklärte. Am Abend desselben Tages fand dann die Generalversammlung des R. E. F. in der Sorbonne statt. Wieder eröffnete der Gründungspräsident, J. Lefèbvre, die Sitzung und erteilte dem deutschen Delegierten, Alfred Ströbel (DE Q 236), das Wort, dessen Ansprache hier auszugsweise wiedergegeben sei:

„Meine Damen und Herren! Meine hochverehrten französischen Freunde und Kollegen! Meine hochverehrten Auslandsfreunde! Vor allem gestatten Sie mir, Ihnen die herzlichsten Grüße von allen deutschsprechenden Kollegen zu diesem Tage zu überbringen, an dem anläßlich Ihres ersten großen Kongresses die ganze Kurzwellenwelt im Geist bei Ihnen zu Gast ist. Wenn ich an mir die Leistungen der Kurzwellenamateure, besonders der französischen, vorbeiziehen lasse, so empfinde ich größte Hochachtung vor meinen französischen Kollegen. Es ist mir ein Bedürfnis, dies Ihnen auszusprechen, denn es sind Männer von großem Können unter Ihnen, welche dem R. E. F. zu großem Ansehen im In- und Ausland verholfen haben. Eine ganz besondere Ehre ist es mir, daß Sie durch Verleihung der Ehrenmitgliedschaft mir das Recht zuerkannt haben, Ihnen anzugehören und am Kongreß teilnehmen zu können. Wir Kurzwellenamateure sind eine große Familie auf der Welt, stets freundschaftlich gegeneinander gesinnt und frei von jeglichen politischen Absichten. Tief gerührt bin ich über die ausgezeichnete, herzliche Aufnahme, die ich im R. E. F. und in Ihrem schönen Paris gefunden habe. Die hier verbrachten Stunden und die liebe Aufnahme werden mir unvergeßlich sein. Ganz besonders freut mich, viele Freunde persönlich kennengelernt zu haben, die ich bisher nur aus der Ferne hören konnte. Wenn wir morgen Paris verlassen, werden wir aufrichtig bedauern, daß die schöne Zeit so schnell vergangen ist: wir gehen aber mit dem tiefen Eindruck, daß das R. E. F. uns einen unvergeßlich schönen Empfang bereitet hat, der dem R. E. F. alle Ehre macht.

Aus den Zeitungen werden Sie alle entnommen haben, daß die großzügige, tatkräftige und rasche Hilfe Frank-

Österreich — Landesgruppe des D. A. S. D.!

Am 21. Juni 1929 hat die Generalversammlung des „Österreichischen Versuchssenderverbandes" einstimmig beschlossen, als Landesgruppe dem D. A. S. D. beizutreten und ebenfalls einstimmig Josef Fuchs zum Gruppenverkehrsleiter gewählt.

Herzlichst begrüßen wir die neue Landesgruppe! Viele ihrer Mitglieder hatten uns schon als außerordentliche Mitglieder angehört und arbeiteten rege mit uns zusammen. Nun ändert sich nur die äußere Form: In der eigenen Landesorganisation werden die österreichischen Hams ordentliche Mitglieder des D. A. S. D. und vertrauen ihm ihre Vertretung gegenüber dem Ausland und der J. A. R. U. an.

Möge die neue Landesgruppe erfolgreich wirken für unsere gemeinsame Amateursache; wir sind überzeugt, daß sie schnell in sich den festen Zusammenschluß finden und die Spannkraft und Arbeitsenergie entwickeln wird, um eigene Erfolge zu erringen und in ihrem schönen Lande den Ham-Geist zu pflegen. Beste Gewähr dafür bietet uns ihr rühriger Gruppenverkehrsleiter, der vielen deutschen Hams persönlich bekannt ist und allseitig hochgeschätzt wird, auch dem D. A. S. D. schon seit der Dresdener Tagung als Ehrenmitglied angehört. Die schnelle Durchführung des Zusammenschlusses ist ihm zu danken.

Besonders begrüßen wir auch den Präsidenten des Österreichischen Versuchssenderverbandes, Oberst Ing. Franz Anderle, der als hervorragender Funker rühmlichst bekannt ist. Entsprechend dem Beschluß der Frankfurter Tagung hat ihn der Vorstand des D. A. S. D. gebeten, die Ehrenmitgliedschaft des D. A. S. D. anzunehmen.

Fulda.

reichs bei der Zeppelinlandung in Cuers/Toulon große Freude und Dankbarkeit in Deutschland ausgelöst hat. Diese edle Tat wird unvergeßlich bleiben. Welch hohe Bedeutung hatte die deutsch-französische Wache an der Zeppelinhalle in Toulon. Möge sie ein Vorzeichen sein für den Tag, an dem es dereinst heißen wird: Die Wache Frankreichs und Deutschlands in Europa, zur Schaffung eines einigen Europa und eines dauernden Friedens. (Starker Beifall.)

Diese freundschaftliche Tat der französischen Regierung und des französischen Volkes hat viele Sympathien geweckt, ja eine neue Atmosphäre gebracht, welche ganz besonders zur Tagung des R. E. F. paßt. Ich wünsche deshalb dem R. E. F. ein gutes Gedeihen und Wohlergehen. Seien Sie versichert, daß Sie in Deutschland stets ebenso herzlich aufgenommen werden.

Nochmals danke ich Ihnen, meine Damen und Herren, und schließe mit dem Rufe: Es lebe das R. E. F., es lebe Frankreich und Deutschland!" (Tosender, langanhaltender Beifall und Bravorufe!)

Dann sprachen noch die ungarischen und belgischen Delegierten und überbrachten die Grüße ihres Landes, die ebenfalls starken Beifall fanden.

Nach diesen Reden führte Präsident Lefèbvre an einer großen Kurvenzeichnung das Wachstum des R. E. F. vor, dessen Mitgliederzahl das erste Tausend fast erreicht hat, auch berichtet er über den Stand der Verhandlungen mit dem P. T. T. (Poste de Télégraphie et Téléphonie) wegen Neugestaltung eines Funkgesetzes für Amateure. Er hebt ferner die stets wachsende Ausdehnung des QSL-Dienstes hervor, worauf die Versammlung dem Sekretär und Kassierer Larcher (F 8 BU) der R. E. F. ihre Dankbarkeit in einer Jubelkundgebung, ähnlich dem studentischen Salamander, ausdrückt. Nach dem von Larcher erstatteten finanziellen Bericht erfolgte dann die Neuwahl des Vorstandes. Die alte Vorstandschaft wird wiedergewählt und einige Abänderungen an den Satzungen angenommen.

Am folgenden Tage, einem Sonntag, fanden sich die Mitglieder des Kongresses zum Besuch der Großfunkstation St. Assise am Opernplatz zusammen. Diese Station ist ungefähr 60 km von Paris an der Bahnlinie Paris—Marseille gelegen. Große Autobusse nahmen die Teilnehmer auf und fuhren über Villeneuve zunächst bis zur Straßenkreuzung „bei der Pyramide" im Senartwalde, wo ein Waldpicknick für die OM's vorgesehen war. Von schöner Hand wurden freigebig allerlei Leckerbissen ausgeteilt, sogar ein Grammophon war zur Stelle. Ungestraft sendeten während dieser Rast die OM's, die in Ermangelung von Sendern mit mitgebrachten kleinen Pfeifen QSO's mit weiter entfernten Freunden herstellten. Störungen (QRM und QSS) gab es dabei allerdings nicht.

An der Pforte der Groß-Station St. Assise wurden wir von den Ingenieuren empfangen. Achtzehn eiserne Gittertürme von 250 m Höhe überzeugten schon äußerlich von der Bedeutung der Station. Der Besuch begann mit der Besichtigung der Kurzwellenanlagen, die mehrere Stationen umfassen. Jede Station ist in einen Sendeschrank untergebracht, der von feinmaschigem Gitter umgeben ist und meistens 20 Röhren von respektabler Größe mit einer Gesamtleistung von etwa 15 kW enthält. Man merkt die Röhrenleistung schon an der Wärme, die eine solche Röhrenserie ausstrahlt. Die einzelnen Kurzwellenstationen sind auf folgende Wellen abgestimmt: 14,28 m, Rufzeichen FW (vergoldete Abstimmspulen!), 23,25 m, 25 m, 41,95 m, 43 m, 75 m (Rufzeichen 8 GB, kontinentaler Verkehr). Die Spulen sind aus fingerdickem Kupferrohr. Die empfindlichen Teile sind auf Vierkant-Quarzkristallstäben montiert, um eine besonders hohe Isolation zu erreichen.

Daneben sieht man mächtige Bedienungstische mit zahlreichen Meßinstrumenten, Wellenmessern, Galvanometern, automatischen Schnellschreibern usw. Ein in eine Marmortafel eingebauter Lautsprecher läßt im ganzen Raume die Morsezeichen einer großen Überseeverbindung hören.

Auch die Langwellenstation mit 500 kW-Maschinensender, riesigen Dieselmaschinen, Generatoren und Spulen von etwa 3 m Durchmesser gab ein eindrucksvolles Bild.

Am Sonntagabend fand schließlich bei einem Festbankett im Hotel Lutetia der Kongreß sein Ende. Bei diesem Schlußbankett führte der in Uniform und Orden erschienene Kommandant der Eiffelturmstation, Hauptmann Martin, das Ehrenpräsidium. Man genoß zunächst vorzügliche Küche; bald aber kam die Zeit der Trinksprüche; zuerst ergriff Präsident Lefèbvre das Wort, um den Anwesenden und besonders den fremden Delegierten und Hauptmann Martin zu danken. Darauf schilderte Hauptmann Martin in einer glänzenden Stegreifrede den Anteil, den die militärische Telegraphie an den Versuchen der Amateure nimmt und erhob sein Glas auf das Gedeihen des „Réseau des Emetteurs Français". (Beifall.) Anschließend wurde durch den geschäftsführenden Präsidenten Reyt (F 8 FD) eine aus Saigon-Indochina durch OM Jauras (AF 1 B) übermittelte Botschaft verlesen. In dieser direkt von Amateur zu Amateur geleiteten Beglückwünschung kam zum Ausdruck, daß die Freunde in Saigon-Indochina zur selben Stunde ein Fest begehen zu Ehren des R. E. F. und sich im Geiste ganz inmitten des R. E. F. fühlen, dessem ersten Kongreß sie einen recht schönen Verlauf wünschten. Die ganze Botschaft hatte eine Länge von fast zwei Schreibmaschinenseiten und war von dem französischen Amateur F 8 GDB ohne jede Verstümmelung restlos aufgenommen, eine ganz respektable Leistung auf beiden Seiten, die durch allseitige lebhafte Anerkennung belohnt wurde.

Als letzter Teil des Festes und Kongresses wurde die große Tombola gezogen. Die große Zahl der Gewinne sowie ihr hoher Wert sind ein Beweis des Interesses, das die Industrie an den Kurzwellenamateuren hat. Beim Abschied um Mitternacht bedauerte jedermann, daß das schöne Fest schon sein Ende gefunden hatte; es verspricht aber ein jeder, nächstes Jahr wiederzukommen.

Wie wertvoll solche Kongresse sind, die durch persönliche Fühlungnahme die durch die Kurzwellen zustandegekommenen Freundschaften bekräftigen, zeigt sich immer wieder. Dank gebührt daher auch dem Süddeutschen Radioklub München sowie dessen Ortsgruppe Augsburg und der Stadt Augsburg, die durch ihre Beihilfen den Besuch des französischen Kongresses durch einen deutschen OM ermöglicht haben. *Str.*

Nachrichten der Hauptverkehrsleitung.

Wie bezahle ich meinen Beitrag?

Entweder: Der Beitrag von 1,50 RM. vierteljährlich wird bis zum 10. des ersten Quartalmonats auf das Postscheckkonto des D. A. S. D. (Postscheckamt Berlin, Konto Nr. 128 160, Otto Fulda für den D. A. S. D.) eingezahlt.

Oder: Es wird die „CQ" zum Preise von 3 RM. vierteljährlich abonniert und der H. V. L. die Postquittung hierüber eingesandt. Mit Einsendung der Postabonnementsquittung hat der DE alle Verpflichtungen dem D. A. S. D. gegenüber erfüllt.

Es wird gebeten, auf die Postanweisungsabschnitte stets die DE-Nummer anzugeben.

Zusammenkünfte der G. V. L. Württemberg.

Die OM' und DE' der Gruppenverkehrsleitung Württembergs treffen sich an jedem ersten Dienstag des Monats bei OM Mertz (D 4 YAA), Stuttgart-Untertürkheim, Hangstr. 2.

Die Sendeerlaubnis.

Der Mitteilung Nr. 141 der R. R. G. entnehmen wir folgende Notiz: „Der Reichspostminister hat im Reichstag auf die Anfrage des Abgeordneten Torgler mitgeteilt, daß über die Freigabe der Kurzwellensender mit dem Reichsministerium des Innern, das hierüber zu bestimmen hat, noch verhandelt wird."

QRP-Bericht.

Im Februar wurde mit QRP-DX-Versuchen begonnen. Benutzt wurde ein Dreipunktsender mit 5 Watt Eingangsleistung (inpt.). Röhre: RE 504; Anodenspannung (HT): 220 Volt; Antenne: Dipol, 2 × 9 m Länge; Speiseleiter 18 m lang. Ein QSO wurde mit W getätigt, und eine Hörmeldung kam aus Novosibirsk. Darauf wurde der Sender auf 20 m umgeschaltet. Im März gelang QSO mit XW 7 EFF, der sich 1000 km südlich von Teneriffa befand. Außerdem kam eine Hörmeldung von CE 7 aa. Anfang April folgten dann die QSO's mit CE 3 AC und VK 4 BB. Aus AS kam wieder eine Hörmeldung. Bemerkenswert ist, daß das QSO mit VK 4 BB um 09,20 getätigt wurde, QRK war r 2—4. Im Juni war es noch einmal möglich, mit 9 Watt inpt., 300 Volt HT, mit W 1 BUX zu verkehren. Augenblicklich werden Versuche mit einem 2 λ-Dipol gemacht. Bericht hierüber folgt demnächst. *4 ib.*

Tonveredelung

Von
Erich Dölle.

Verschiedentlich ist in der „C Q" schon darauf hingewiesen worden, welchen großen Anteil der gute Ton des Senders an dem Zustandekommen besonders von DX-Verbindungen hat. Gerade bei Sendern mit geringer Energie ist mancher Mißerfolg auf schlechten Ton zurückzuführen.

Die Güte des Tones ist nicht allein, aber doch zum weitaus größten Teil abhängig von der Art der Anodenspannung. Wirklich reine Gleichspannung liefern nur Batterien. Alle anderen Gleichspannungserzeuger, Generatoren, Einankerumformer und Gleichrichter, liefern eine mehr oder weniger gekräuselte Gleichspannung, die man auffassen kann als eine reine Gleichspannung, der eine Wechselspannung überlagert ist. An der Anode des Senders wollen wir nur die reine Gleichspannung haben, die Wechselspannung muß vorher vernichtet werden. Die Mittel, mit denen man dies zu erreichen sucht, sind verschieden, je nach Frequenz der Störspannung und den Ansprüchen, die gestellt werden.

Bei Generatoren und Einankerumformern rührt die störende Wechselspannung her von Nutschwingungen. Ihre Frequenz hängt ab von der Zahl der Nuten und der Drehzahl der Maschine. Im Mittel dürfte sie bei den üblichen Maschinen in der Gegend von 500 Hertz liegen. Man erzielt eine merkbare Dämpfung hier schon mit einem parallel zur Maschine gelegten Kondensator.

Der Vorgang ist hierbei folgender. Der Kondensator hat für Gleichstrom den Widerstand Unendlich, für Wechselstrom jedoch ist sein Widerstand umgekehrt proportional seiner

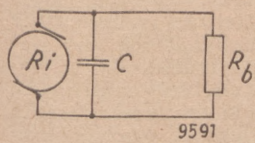


Abb. 1.

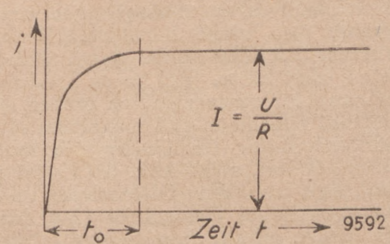


Abb. 2.

Kapazität und der Frequenz. Ein Kondensator von 1 μF z. B. hat für 500 Hertz den Widerstand $R_c = 318$ Ohm. Für die störende Wechselspannung bedeutet eine Kapazität von einigen Mikrofarad eine im Vergleich zur Röhre große Belastung. Der Maschine wird ein erheblich größerer Wechselstrom entnommen als vorher. Infolgedessen steigt der Spannungsabfall infolge des inneren Widerstandes R_i der Maschine. An die Anode kommt eine um den Spannungsabfall verringerte Störspannung. Man erkennt, daß die Wirkung um so besser wird, je größer der durch den Kondensator fließende Wechselstrom wird, je höher also dessen Kapazität und die Frequenz der Störspannung ist. Damit sind die Grenzen der Anwendbarkeit einer solchen Parallelkapazität gegeben. Bei Störspannungen niedriger Frequenz wird die notwendige Kapazität unwirtschaftlich groß, man greift dann besser zu anderen Mitteln.

Die Anwendung des Kondensators ist gekennzeichnet dadurch, daß er Wechselstrom hindurchläßt, Gleichstrom aber nicht. Nahezu umgekehrt verhält sich eine Drosselspule. Sie besitzt für Gleichstrom den sog Wirkwiderstand, der bei niedrigen und mittleren Frequenzen nahezu gleich dem Ohmschen Widerstand des aufgewickelten Drahtes ist, und der beliebig niedrig gehalten werden kann. Der Widerstand für Wechselstrom, der induktive Widerstand, ist proportional der Induktivität der Drossel und der Frequenz des Wechselstromes. Schalten wir eine Drossel in den Kreis des Anodenstromes ein, so erreichen wir also, was wir brauchen. Der Gleichstrom geht nahezu ungeschwächt hindurch, der Wechselstrom dagegen erfährt einen Spannungsabfall, der um so größer wird, je höher die Induktivität der Drossel ist. Dabei muß auf eine andere Eigenschaft der Induktivität aufmerksam gemacht werden. Legt man eine Induktivität an eine Gleichspannung, so erreicht der Strom nicht augenblicklich seine volle, durch Spannung U und Widerstand R bestimmte Höhe, sondern steigt nach einer Kurve an, die um so flacher verläuft, je größer die Induktivität ist (Abb. 2).

Beim Tasten der Anodenspannung geschieht genau dasselbe. Solange die in der Zuführung der Anodenspannung liegende Induktivität nicht übermäßig groß wird, erhalten

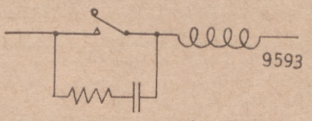


Abb. 3.

wir eine Abrundung der Zeichen, und, was ganz erwünscht ist, eine Unterdrückung der Tastklicks. Macht man jedoch die Induktivität zu groß, so kann es bei schnellem Geben vorkommen, daß die Zeit des Tastendrucks für einen Punkt so klein wird, daß der Anodenstrom infolge seines langsamen Anstiegs seine volle Größe nicht erreicht. Im Empfänger kommen infolgedessen die Punkte nur sehr schwach oder gar nicht an. Im Januarheft d. J. behandelt Wilhelm Oranien unter anderem diesen Fall. Dabei ist ihm meines Erachtens ein Irrtum unterlaufen. Die von ihm auf S. 2, Abb. 6, angegebene Schaltung beruht lediglich auf der obengenannten Wirkung der Drosselspulen, nicht aber auf der Wirkung als Drosselkette (vgl. unten!). Die drei angegebenen Kondensatoren dienen in Verbindung mit dem Widerstand der Drosseln als Funkenlöschung für die Taste. Dem Vorgang besser angepaßt ist meines Erachtens die in Abb. 3 wiedergegebene Schaltung, mit ihr müßte zumindest dasselbe zu erreichen sein.

Genügt die dämpfende Wirkung der Drosseln allein nicht, so vereinigt man durch Einschalten eines Parallelkondensators die Wirkung beider. Es sei schon hier darauf hingewiesen, daß es erst unter ganz bestimmten, weiter unten behandelten Bedingungen günstiger ist, einen Parallelkondensator auch hinter die Drossel zu legen. Zunächst ist die Wirkung besser, wenn die gesamte Kapazität vor der Drossel liegt. In allen den Fällen, wo die Spannung einer Maschine oder einem von Maschinen gespeisten Netz entnommen wird, dürfte man mit den bisher genannten Hilfsmitteln eine ausreichende Dämpfung der Störspannung erreichen, nicht dagegen bei Verwendung von Gleichrichtern. Bei ihnen kommt man erst durch Verwendung einer Drosselkette zu einer genügend sauberen Gleichspannung. Die in Frage kommende Form ist die sog. Rechteck-Form (Abb. 4).

Bei einem solchen Kettenglied summieren sich nicht, wie man zunächst vielleicht erwartet, die Wirkungen der einzelnen Elemente, es verhält sich gänzlich anders. Es ist leicht einzusehen, daß ein solches Kettenglied aufgefaßt werden kann als ein Schwingungskreis der in Abb. 5 wieder-

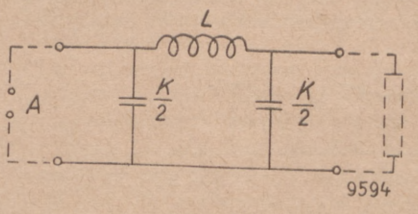


Abb. 4.

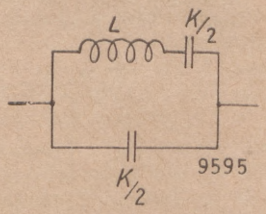


Abb. 5.

gegebenen Form. Die Eigenfrequenz dieses Kreises sei f_0. Der Wirkwiderstand der Induktivität sei ferner so klein, daß er gegenüber dem induktiven Widerstand vernachlässigt werden darf. Legt man nun bei A eine Wechselspannung veränderlicher Frequenz f an und betrachtet die Dämpfung eines Gliedes in Abhängigkeit von dem Verhältnis $\frac{f}{f_0}$, so erhält man die in Abb. 6 wiedergegebene Kurve. Sie zeigt, daß alle Frequenzen, die kleiner sind als f_0, ungedämpft hindurchgehen. Erst von $f = f_0$ ab setzt eine Dämpfung ein,

die zunächst steil ansteigt, für größere Werte des Verhältnisses $\frac{f}{f_0}$ aber abflacht.

Man ersieht nun auch sofort, daß es zwecklos ist, ein Kettenglied zu schalten, wenn dessen Eigenfrequenz höher ist als die Störfrequenz. Wir bekommen in einem solchen Falle keine Dämpfung und fahren besser, wenn wir, worauf

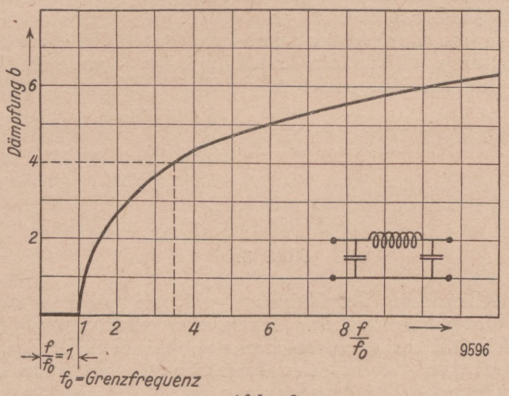


Abb. 6.

schon hingewiesen wurde, die gesamte Kapazität vor die Drossel legen. Die Dämpfungskurve zeigt weiter, daß man zwar die Dämpfung bei einem Gliede beliebig hoch treiben kann, daß es aber wegen des flachen Verlaufes der Kurve bei hohen Dämpfungen wirtschaftlicher ist, ein Glied gleicher Form an das erste anzuhängen, evtl. auch mehrere. Die Grenze, bis zu der man bei einem Glied höchstens gehen sollte, liegt etwa bei $b = 4$. An einem Beispiel soll gezeigt werden, wie man bei der Berechnung einer Kette am besten vorgeht. Die Anodenspannung soll beispielsweise einem Wechselstromnetz von 50 Hertz über einen Zweiweg-Gleichrichter entnommen werden. Die Grundfrequenz der Störspannung ist dann, wie man aus Abb. 7 leicht erkennen kann, 100 Hertz.

Die Drossel habe die Induktivität $L = 6$ Henry, die verlangte Dämpfung sei $b = 4$. Ausgerechnet soll werden, wie groß die Gesamtkapazität K werden muß. Aus der Dämpfungskurve entnimmt man den zu $b = 4$ gehörigen Wert $\frac{f}{f_0} = 3{,}5$. Die Grenzfrequenz f_0 des Kettengliedes beträgt demnach $f_0 = \frac{f}{3{,}5} = \frac{100}{3{,}5} = 28{,}6$ Hertz. Die allgemeine Resonanzgleichung, angewendet auf den Kreis nach Abb. 5 lautet $4\pi^2 \cdot f_0^2 \cdot L \cdot \frac{K}{4} = 1$, da $\frac{K}{2}$ und $\frac{K}{2}$ hintereinandergeschaltet den Wert $\frac{K}{4}$ haben. Setzt man diese Werte in die nach K aufgelöste Resonanzformel ein, so erhält man

$$K = \frac{4 \cdot 10^6}{4 \cdot \pi^2 f_0^2 \cdot L} [\text{Mikrofarad}] = \frac{10^6}{\pi^2 \cdot 28{,}6^2 \cdot 6} = 20{,}6\,\mu F.$$

Demnach sind rund je 10 μF vor und hinter die Drossel zu legen. Will man bei einer vorhandenen Kette nachprüfen,

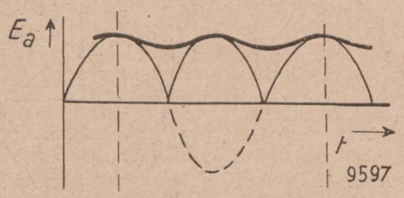


Abb. 7.

ob die Grenzfrequenz f_0 tatsächlich kleiner ist als die Störfrequenz, so rechnet man f_0 aus $\pi^2 \cdot f_0^2 \cdot L \cdot K = 1$ nach. Kann man die Störfrequenz nicht durch eine Überlegung gewinnen, so kann man sich eines Hilfsmittels bedienen, was beinahe jedem zur Verfügung steht, des Klaviers. Einen Kopfhörer legt man unter Vorschaltung eines Kondensators oder unter Verwendung eines Spannungsteilers an die zu untersuchende Spannung und sucht auf dem Klavier den Ton, der dem Störton am nächsten kommt. Ausgehend von der Frequenz 435 des Kammertones, des eingestrichenen A, kann man, nötigenfalls unter Zuhilfenahme eines Lehrbuches der Physik, die Frequenz der angeschlagenen Saite leicht errechnen.

Über die Eignung der Drosselspulen ist noch einiges zu sagen. Man verwendet aus Gründen der Sparsamkeit fast ausschließlich Drosseln mit Eisenkernen. Die Induktivität

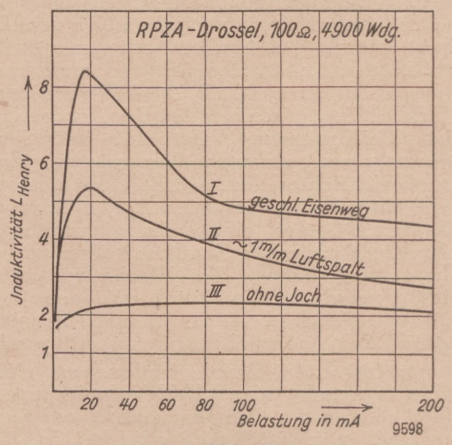


Abb. 8.

einer Drossel ist nämlich nicht nur proportional dem Quadrat der Windungszahl, sondern auch der magnetischen Leitfähigkeit des Kraftlinienweges, und damit der Durchlässigkeit (Permeabilität) des benutzten Materials. Diese ist für Luft konstant gleich 1, bei Eisen fast immer sehr viel größer als 1, dafür aber abhängig von dem Grad der Magnetisierung, also nicht konstant. Demzufolge gibt es keine Drosseln mit Eisenkern, deren Induktivität einen absolut festen Wert hätte. Bei guten handelsüblichen Drosselspulen darf man für einen ziemlich großen Bereich allerdings L als konstant annehmen und mit einem Mittelwert rechnen. Wie sehr sich unter Umständen die Induktivität mit der Belastung ändert, zeigt Abb. 8. Es ist die Induktivität in Abhängigkeit von der Gleichstrom-Vorbelastung aufgetragen. Die untersuchte Drossel ist eine der in der Verkaufsstelle des RPZA erhältlichen Muster. Sie besitzt geschlossenen Eisenkern, hat 4900 Windungen mit einem Gleichstromwiderstand von 100 Ohm.

Bei solchen Drosseln erhält man einen konstanteren Verlauf der Induktivität durch Erhöhung des Widerstandes des Kraftlinienweges, was man durch Anbringen eines Schlitzes in den Eisenkern erreicht. Die Kurven II und III in Abb. 8 zeigen den Einfluß solcher Schlitze. Leider verliert die Drossel dabei nicht unerheblich an Induktivität. Will man

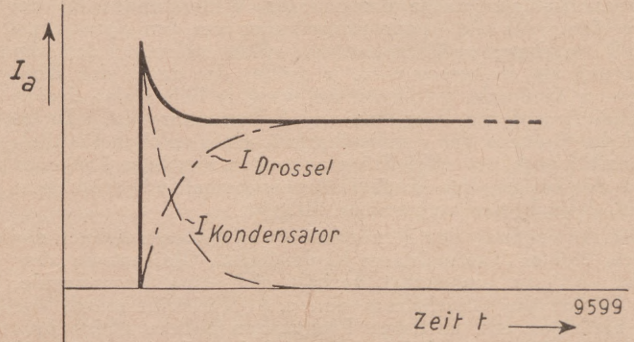


Abb. 9.

diesen Verlust nicht in Kauf nehmen, und lieber auf die größere Konstanz verzichten, so kann man eine Drosselkette eben nur für eine bestimmte Belastung oder ein begrenztes Belastungsintervall berechnen. Da gerade bei Sendern die Last zumeist doch wohl konstant ist, kommt man auch mit einer solchen Drosselkette gut aus. Man darf eben nur nicht vergessen, die zur vorhandenen Belastung gehörige Induktivität L in die Rechnung einzusetzen. Der Ohmsche Widerstand der Drosseln soll so klein als nur irgend möglich